

Rev. FCA UNCUYO. 2016. 48(1): 225-238. ISSN impreso 0370-4661. ISSN (en línea) 1853-8665.

## **Estabilización tartárica en vinos: comparación entre electrodiálisis y tratamiento de frío por contacto**

### **Tartaric stabilization of wines: comparison between electrodyalisis and cold by contact**

Silvia Violeta Corti <sup>1</sup>, Silvia Cristina Paladino <sup>2</sup>

Originales: *Recepción*: 22/07/2015 - *Aceptación*: 17/11/2015

#### **RESUMEN**

El vino debe estabilizarse respecto de las precipitaciones del bitartrato de potasio. Uno de los métodos de estabilización más empleado es la formación del precipitado por efecto del frío con siembra de cristales. Este método tiene un alto costo. La estabilización por electrodiálisis es un método alternativo, que consiste en eliminar el catión potasio, por medio de una membrana selectiva y un campo eléctrico, y así se impide la precipitación del bitartrato de potasio. El objetivo de este trabajo fue determinar si los vinos estabilizados mediante el tratamiento de frío por método de contacto difieren de los vinos estabilizados por electrodiálisis en cuanto a sus características físico-químicas y organolépticas. Se realizaron dos ensayos a nivel industrial: uno con 4 vinos blancos y otro con 3 vinos tintos. Todos los vinos se estabilizaron mediante tratamiento de frío por método de contacto (FMC) y por electrodiálisis (ED). El diseño estadístico fue bloques completos al azar. Los vinos blancos estabilizados por ED presentaron menores concentraciones de  $\text{Ca}^{+2}$  y  $\text{Mg}^{+2}$  que los FMC. Los vinos estabilizados por FMC contuvieron menos  $\text{K}^+$  que los vinos estabilizados por ED. Los vinos tintos estabilizados por FMC presentaron menor contenido de  $\text{SO}_2$  libre que los tratados con ED. Un panel de degustadores no encontró diferencias entre ambos tratamientos en vinos blancos, ni en tintos. Es posible reemplazar el tratamiento de estabilización tartárica FMC por ED. Se producen mínimas modificaciones de las características físico-químicas de los vinos, pero estos cambios no son detectados por medio del análisis organoléptico.

#### **Palabras clave**

vino • estabilidad tartárica • bitartrato de potasio • electrodiálisis • frío por método de contacto

---

1 Bodega Argento Wines, Mendoza, Argentina. [Silvia.Corti@bodegaargento.com](mailto:Silvia.Corti@bodegaargento.com)

2 Cátedra de Enología I, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Cuyo. Alte. Brown 500. Chacras de Coria. Mendoza. Argentina. M5528AHB.

## ABSTRACT

Wine has to be stabilized in respect of potassium bitartrate precipitations. One of the most used methods of stabilization is the precipitate formation as a result of cold with crystal seeding. This method implies an elevated cost. The stabilization by electrodialysis may be an alternative, which consists in removing the potassium cation, through a selective membrane and an electric field, so as to prevent the precipitation of potassium bitartrate. The purpose of this project was to determine if wines stabilized with respect to tartaric precipitations through cold stabilization by contact process are different from wines stabilized by electrodialysis, concerning their physics-chemical and organoleptic characteristics. Two industrial tests were carried out: one of them included 4 white wines and the other with 3 red wines. All wines were stabilized by cold stabilization by contact process (FMC in Spanish) and electrodialysis (ED). The tests were conducted using a randomized block statistical design. The white wines stabilized by ED have lower concentrations of  $\text{Ca}^{+2}$  and  $\text{Mg}^{+2}$  than those stabilized by FMC. The wines stabilized by FMC contain less  $\text{K}^+$  than the wines stabilized by ED. The red wines stabilized by FMC have lower concentrations of free  $\text{SO}_2$ . A panel of tasters found no difference between both treatments, neither in white wines nor in red wines. Therefore, it is possible to replace the tartaric stabilization by contact process (FMC) with ED. Although minimum changes are produced in the physics-chemical characteristics of wines, these changes are not detected by means of the organoleptic analysis.

## Keywords

wine • tartaric stability • potassium bitartrate • electrodialysis • cold by contact

## INTRODUCCIÓN

El vino es una solución sobresaturada de bitartrato de potasio  $\text{KHC}_4\text{H}_6\text{O}_6$  (KTH); en determinadas condiciones, este compuesto precipita. El bitartrato de potasio así como el tartrato de calcio, son sales que se presentan naturalmente en el mosto de uva en niveles de saturación. Cuando el mosto se transforma en vino, estas sales se tornan más insolubles por la presencia del etanol y la conservación a bajas temperaturas, por lo que precipitan (2).

El vino se consume para experimentar placer. Las sensaciones placenteras causadas por la bebida comienzan por el aspecto, por ello el producto debe estar en perfectas condiciones de color, limpieza y brillo.

Antiguamente el precipitado de bitartrato de potasio en la botella de vino era considerado propio del producto.

En la actualidad, el consumidor exige vinos límpidos y brillantes, por lo que la presencia de cristales o cualquier depósito en una botella es motivo de rechazo. Los consumidores suelen confundir los precipitados de bitartrato de potasio con problemas microbiológicos, aditivos químicos o restos de vidrio.

Debido a esta situación de inestabilidad físico-química natural de los vinos, surge la necesidad de estabilizar el producto antes de ser despachado al consumo.

Los vinos blancos y rosados, así como los tintos del año, deben ser estabilizados antes de ser liberados al mercado, ya que no alcanzan la estabilidad en forma natural.

Los vinos tintos de crianza pasan al menos un invierno en la bodega, se estabilizan naturalmente y no necesitan de procesos industriales para evitar que el exceso de bitartrato de potasio precipite en la botella.

Existen diferentes enfoques para lograr la estabilización tartárica: hay métodos que impiden la precipitación y otros que la favorecen. Si se desea impedir la precipitación, se pueden emplear inhibidores químicos (ácido metartárico, carboximetilcelulosa, manoproteínas) o métodos físicos que eliminan iones del vino (electrodiálisis, resinas de intercambio iónico, ósmosis inversa, nanofiltración).

Si se decide provocar la precipitación, se puede usar la estabilización por frío con estabulación larga, que solo enfría el vino para provocar una disminución de solubilidad, o la estabilización por frío, método de contacto con estabulación corta (FMC), el cual favorece la precipitación por el contacto con núcleos de cristalización de bitartrato de potasio y el uso de temperaturas entre 0 a -4°C.

La estabilización por frío método de contacto con estabulación corta (FMC) permite un mejor aprovechamiento de la capacidad frigorífica instalada, que de otro modo solo se emplea al máximo durante la época de fermentación. Este proceso se realiza generalmente en invierno, cuando la capacidad de frío está ociosa. Pero la estabilización del vino se logra con un gran gasto energético y de mano de obra (4, 7, 14); la capacidad de generación de frío es limitante, así como la disponibilidad de los contenedores

preparados para realizar el tratamiento y estacionar el producto. Se debe disponer de un filtro al momento de terminar el tratamiento; es un método discontinuo y lento; la extracción de  $\text{Ca}^{+2}$  es mínima (5, 9); se elimina potasio y acidez en ácido tartárico: por cada unidad de  $\text{K}^+$ , se pierden dos unidades de ácido tartárico (5, 17, 23).

La cantidad de KTH que elimina este método es fija (11); provoca una pérdida de color y afecta el patrimonio coloidal (9, 26); la limpieza de los tanques empleados para el tratamiento es difícil y de alto costo.

La electrodiálisis (ED) es una tecnología que permite extraer iones de una solución, a través de membranas selectivas de intercambio iónico, sometidas a la influencia de un campo eléctrico (5, 8).

El mecanismo de separación es función de la potencia del campo eléctrico y de la carga de electrolitos. Las membranas se disponen a modo de filtro prensa, determinando compartimentos. Por algunos de estos circula el vino y por otros circula el agua que recibe los electrolitos que pasan a través de las membranas.

La selección de las membranas debe hacerse considerando que los siguientes parámetros analíticos no deben modificarse más que la tolerancia aceptada por la legislación: la disminución máxima de alcohol no debe ser superior a 0,1% v/v a 20°C; el pH no debe modificarse en más de 0,25 unidades; la modificación de la acidez volátil no debe superar 0,15 g/L, expresado en ácido acético.

A diferencia de las resinas de intercambio iónico, en la ED la superficie de contacto con el vino es menor. Por ello se evita la adsorción de moléculas orgánicas, preservando las propiedades organolépticas del vino (6, 11).

En la ED, el  $K^+$  es el que catión que más intensamente migra; el descenso de su concentración en el vino está correlacionado con una caída de la conductividad eléctrica (17, 23).

Los tenores de  $Na^+$ ,  $Fe^{+3}$  y  $Cu^{+2}$  disminuyen ligeramente, el  $Ca^{+2}$  también sufre una caída de concentración. Estos cationes migran a menor velocidad que el  $K^+$ . El pH sufre una pequeña modificación.

El anión bitartrato (KT) es el que disminuye más intensamente, aunque el ácido málico y acético también disminuyen en menor medida (5, 11). Para algunos autores, la acidez volátil y el grado alcohólico no suelen ser modificados por esta técnica (7, 9), pero para la empresa productora del equipo Juclas-Beverage System Vason Group (2010), se produce una ligera disminución del grado alcohólico, lo que puede ser importante en vinos de baja gama.

El color y las catequinas se conservan, ya que la electrodiálisis no desnaturaliza los coloides (9, 23). Es necesario trabajar con vinos clarificados, estables ante los prótidos y filtrados para no colmatar las membranas (14). Por ello se debe centrifugar o realizar una filtración tangencial previamente. No se debe utilizar filtraciones con celulosa o harina fósil (diatomeas) luego de la electrodiálisis, porque pueden provocar una pérdida parcial de la estabilidad debido al aporte de  $Ca^{+2}$  y  $Na^+$ . Es importante agregar  $SO_2$  al vino antes del tratamiento por ED (15 o 20 mg/l) porque durante la separación de iones se pierden fracciones de iones sulfuroso, como  $SO_2$  libre (7).

Luego de la electrodiálisis, el vino está listo para embotellar. Debe considerarse que la adquisición de una

máquina de electrodiálisis requiere una fuerte inversión inicial, los reactores o membranas del equipo tienen una vida útil limitada y un costo elevado. Aún el alquiler del equipo es relativamente elevado (2,5 euros/hl). También se requiere personal especializado para su manejo.

Dado que existe muy escasa información, a nivel internacional, acerca de las modificaciones físico-químicas y organolépticas en vinos estabilizados por electrodiálisis y que no existen estudios locales que comparen ambos métodos respecto de los cambios que se producen en los vinos tratados, es necesario comparar estos métodos de estabilización tartárica de vinos, y evaluar la posibilidad de sustituir un método por el otro.

### Hipótesis

Es posible sustituir la estabilización tartárica por frío método de contacto de un vino por la estabilización por electrodiálisis, sin que un panel de degustadores detecte diferencias, ya que las características físico-químicas y organolépticas del vino no serán modificadas significativamente.

### Objetivos

Determinar si los vinos estabilizados respecto de las precipitaciones tartáricas por tratamiento de frío método de contacto difieren de los vinos estabilizados por electrodiálisis en cuanto a sus características físico-químicas y organolépticas.

Establecer si un panel de degustadores es capaz de detectar diferencias entre los vinos estabilizados por ambos métodos y si pueden definir una preferencia por alguno de ellos.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

Se realizaron dos ensayos en una bodega, a escala industrial, uno con vinos blancos y otro con vinos tintos. Luego del ensayo los vinos fueron comercializados.

### **Vinos blancos**

Los tratamientos fueron: estabilización por frío método de contacto (FMC) y estabilización por electrodiálisis (ED). El diseño estadístico fue bloques completos al azar. Los bloques fueron: Vino blanco Genérico (VB Genérico), vino blanco Sauvignon Blanc (VB SB), Vino blanco Chardonnay (VB CHY) y Vino blanco Pinot Grigio (VB PG), cada uno ubicado en tanques de 150.000 litros.

La unidad experimental fue cada tanque de vino que se estabilizó, 25.000L en el caso de la estabilización por frío y 10.500L en el caso de la electrodiálisis. La unidad de análisis fue cada botella perteneciente a los diferentes tratamientos, sobre las que se efectuaron los análisis y degustaciones.

#### *Elaboración de los vinos blancos*

Las uvas se produjeron en la provincia de Mendoza, Argentina y los vinos fueron elaborados en Junín, Mendoza, Argentina. Las uvas blancas fueron descobajadas, se agregó en el lagar 7g/hL de dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), luego fueron molidas y prensadas.

El mosto se desborró estáticamente mediante frío y enzimas pectolíticas hasta 50-100 NTU dependiendo de la variedad. Las fermentaciones se realizaron entre 14-16°C con levaduras seleccionadas previo ajuste de la acidez total con ácido tartárico (1,2 g/L para PG y CHY, 1,5 g/L para el blanco genérico y 2 g/L el Sauvignon Blanc).

Desde la segunda mitad de la fermentación se realizó battonages diarios (removido de las borras), incluso luego de terminada la fermentación alcohólica durante 5 a 30 días dependiendo la variedad.

En el vino blanco Chardonnay se realizó fermentación maloláctica a un 15% del corte.

Todos los vinos blancos fueron estabilizados respecto de prótidos con bentonita, trasegados y liberados de sus borras antes de comenzar los tratamientos de estabilización tartárica, previa corrección del SO<sub>2</sub> libre a 30-35 ppm. De este modo, luego de estos tratamientos, los vinos quedaron listos para ser despachados al mercado.

### **Vinos tintos**

Los tratamientos fueron: estabilización por frío método de contacto y estabilización por electrodiálisis.

El diseño fue bloques completos al azar. Los bloques fueron: Vino tinto Genérico (VT Genérico), Vino tinto Cabernet Sauvignon (VT CS), Vino tinto Syrah (VT SY), cada uno ubicado en tanques de 150.000L.

La unidad experimental fue cada tanque de vino que se estabilizó, 25.000L en el caso de la estabilización por frío y 10.500L en el caso de la electrodiálisis. La unidad de análisis fue cada botella perteneciente a los diferentes tratamientos, sobre las que se efectuaron los análisis y degustaciones.

#### *Elaboración de los vinos tintos*

Las uvas se produjeron en la provincia de Mendoza, Argentina y los vinos fueron elaborados en Junín, Mendoza, Argentina. Las uvas tintas fueron descobajadas y adicionadas de 5 g/hL de dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) en el lagar.

Se procedió a la molienda de las mismas y posteriormente se corrigieron los mostos con 1 g/L de ácido tartárico.

Se fermentaron entre 25-28°C con levaduras seleccionadas y con el agregado de 2 g/L de chips de roble americano y francés. La maceración post-fermentativa duró 1 día en el caso del tinto genérico hasta 7 a 10 días en los varietales. La fermentación maloláctica fue realizada en presencia de chips de roble americano y francés, luego los vinos fueron trasegados de sus borras y realizados los cortes. Posteriormente se realizó la estabilización tartárica de los mismos, previa corrección del SO<sub>2</sub> libre a 30-35 ppm.

### **Tecnología aplicada**

#### *Tratamiento de frío por contacto*

Se utilizaron tanques de 25.000 L equipados con doble camisa por la que circuló una solución de propilenglicol, a -8°C.

Los tanques estaban equipados con agitadores a fin de homogeneizar la temperatura y facilitar la nucleación.

En los vinos blancos, se llevó el vino hasta 0°C, se hizo la siembra de cristales y se mantuvo en agitación hasta -2°C, a partir de allí el tratamiento se controló hasta que se obtuvo la estabilidad. En ese momento se suspendió la agitación y se filtró para separar los cristales.

En el caso de vinos tintos se llevó el vino a 0°C y se mantuvo en agitación a esa temperatura, controlando el tratamiento hasta que se obtuvo la estabilidad, en ese momento se suspendió la agitación y se filtró para separar los cristales. En ambos tipos de vino, se filtró con un filtro tangencial marca Della Toffola, CFKN/170, con 170 m<sup>2</sup> de superficie filtrante, con membrana inorgánica de cerámica, tubular. Se corrigió la acidez total con ácido tartárico en forma previa a

la estabilización por frío, para equiparar la caída de acidez total que sufre este tratamiento y asemejar a la electrodiálisis, que no sufre esta pérdida.

Los vinos blancos Chardonnay, Genérico y Pinot Grigio fueron corregidos con 0,5 g/L de ácido tartárico, mientras que el vino Sauvignon Blanc fue adicionado con 0,1 g/L de ácido tartárico.

Los vinos tintos fueron corregidos con ácido tartárico, agregándose 0,4 g/L al tinto genérico, 0,2 g/L al Cabernet Sauvignon y 0,5 g/L al Syrah.

#### *Electrodiálisis*

Se realizó con una máquina Juclas Modelo ED15, de 15 hL/h y gestión semiautomática, constituida por 150 membranas aniónicas y 150 membranas catiónicas, 301 celdas, 30m<sup>2</sup>, ensambladas a presión, con espaciadores que separan las membranas entre 0,3 y 2 mm. El volumen tratado en la electrodiálisis fue en cada bloque de 10.500 L.

Se trabajó con un grado de deionización de: 21 a 23% en vinos blancos y 16 a 18% en vinos tintos. Esto fue determinado previamente a los tratamientos por el test de minicontacto de la máquina de electrodiálisis. Los vinos tratados por ED se filtraron con un filtro tangencial marca Della Toffola, CFKN/170, con 170 m<sup>2</sup> de superficie filtrante, con membrana inorgánica de cerámica, tubular. Esta filtración previa al tratamiento es necesaria porque las membranas selectivamente permeables requieren vinos con bajo índice de filtrabilidad, para evitar el entarquinado.

Se minimizó la incorporación de oxígeno (O<sub>2</sub>) en los vinos, empleando dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) para inertizar cañerías y tanques, así como nitrógeno (N<sub>2</sub>) en los movimientos de vinos, acompañando la vena líquida.

Se estableció como límite máximo 1 ppm de oxígeno disuelto en los vinos, luego de cada movimiento.

### **Análisis físico-químico**

En todos los vinos se midieron las siguientes variables: acidez total, pH, alcohol, SO<sub>2</sub> Libre y SO<sub>2</sub> Total, extracto seco, K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Fe<sup>3+</sup>, Cu<sup>2+</sup>, ácido tartárico, velocidad de oxidación, poder tampón, conductividad a 25°C y prueba de diagnóstico de estabilidad tartárica (conservación durante 14 días a una temperatura de -4°C). Además, en vinos tintos, se midió las siguientes variables: Intensidad colorante (IC), matiz e Índice de polifenoles totales (IPT) (3, 14, 16, 22, 24).

### **Análisis organoléptico**

Se realizó una degustación previa y se seleccionan atributos a cuantificar en vinos blancos y en vinos tintos, para establecer un perfil sensorial por el método multidimensional (21).

En el caso de los vinos blancos se seleccionaron 12 descriptores y en el caso de los vinos tintos, 14 descriptores.

Se convocó a un jurado de 20 degustadores para realizar el análisis organoléptico de los ensayos. Se realizó una degustación donde se utilizó una prueba de comparación de a pares (comparación pareada simple).

Se degustaron los tratamientos por bloque, a ciegas, en un test dúo-trío con referencia balanceada (13, 18).

Para cada puesto de degustación, en el centro se ubicó la copa de referencia, se pidió a los degustadores que identificaran la copa idéntica a la referencia.

Para el orden de servicio (para cada degustador) se utilizó un modelo de aleatorización, obtenido mediante sorteo. Los datos se analizaron utilizando la tabla

del número mínimo de aciertos (13, 25). De este modo, se verificó si existían diferencias entre los tratamientos. Para explorar cuáles eran las diferencias, se realizó la degustación descriptiva cuantificando los atributos previamente seleccionados.

Se les pidió a los degustadores que cuantificaran cada atributo o variable, considerando que las mismas se pueden modelar como variables aleatorias continuas (21).

Cada juez degustó cuatro (4) bloques con dos (2) tratamientos, es decir, un total de ocho (8) vinos blancos; y tres (3) bloques con dos (2) tratamientos, un total de seis (6) vinos tintos.

En cada vino, se cuantificó los descriptores seleccionados. Con estos datos se construyó una matriz y se realizó un análisis multivariado, método de los componentes principales y se reunieron las variables que explican la diferencia entre vinos.

Posteriormente, los degustadores efectuaron un Test de Preferencia, de cada par de muestras de la degustación descriptiva correspondiente a dos tratamientos de un mismo bloque, se les pidió que seleccionaran el preferido (19, 20).

### **Procesamiento estadístico de los datos**

#### *Análisis físico-químico*

Para cada variable se compararon las medias de los tratamientos y de los bloques mediante el Análisis de la Varianza (ANOVA), utilizando la prueba de Tukey para un error  $p \leq 0,05$  o una confianza del 95%, con la que se determinó la existencia de diferencias significativas; previa verificación de cumplimiento de los supuestos de independencia, normalidad de los residuos y homogeneidad de varianza u homocedasticidad.

En el caso de variables que no cumplieron con los supuestos del ANOVA, se utilizó la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis.

Para la evaluación del cumplimiento de los supuestos de ANOVA se utilizó el programa Statistica 6.0 Copyright Stat Soft, INC: 1984-2001. OK.USA.

Para el análisis de comparación de medias y de medianas así como para el análisis de los componentes principales, se utilizó el programa Statgraphics plus <sup>(C)</sup> 4.0.copyright 1999 by Statistical Graphics Corp.USA.

## RESULTADOS

### Vinos blancos

No existen diferencias significativas entre los tratamientos de estabilización

tartárica FMC y ED, para los contenidos de: alcohol, acidez total, pH, SO<sub>2</sub> Libre, SO<sub>2</sub> Total, extracto seco, Fe<sup>+3</sup>, Cu<sup>+2</sup>, ácido tartárico, conductividad a 25°C, poder tampón y velocidad de oxidación (tabla 1).

Existen diferencias significativas en la concentración de los cationes K<sup>+</sup>, Ca<sup>+2</sup> y Mg<sup>+2</sup> entre ambos tratamientos.

Los vinos estabilizados por FMC presentan menores concentraciones de catión K<sup>+</sup> luego del tratamiento. Los vinos estabilizados por ED presentan menores concentraciones de cationes Ca<sup>+2</sup> y Mg<sup>+2</sup> luego del tratamiento.

Un panel de degustadores no detectó diferencias organolépticas significativas ni preferencias entre ambos tratamientos, para los vinos blancos ensayados.

**Tabla 1.** Contenido de K<sup>+</sup>, Ca<sup>+2</sup> y Mg<sup>+2</sup> en vinos blancos.

**Table1.** K<sup>+</sup>, Ca<sup>+2</sup> and Mg<sup>+2</sup> content in white wines.

	K <sup>+</sup> mg/L	Ca <sup>+2</sup> mg/L	Mg <sup>+2</sup> mg/L
<b>Tratamientos</b>			
ED	712 a*	47,0 a*	42,75 a*
FMC	585,8 b	74,5 b	66,25 b
Valor p	0,0013	0,0014	0,0089
<b>Bloques</b>			
Chardonnay	701,5 a	59,5 ab	59,5 a
Blanco genérico	626,0 b	68,5 a	46,5 a
Pinot Grigio	703,0 a	51,0 b	64,5 a
Sauvignon Blanc	565,0 b	64,0 ab	47,5 a
Valor p	0,0066	0,0471	0,1017

Los datos corresponden a las medias de los contenidos de los diferentes cationes.

\*Letras diferentes indican que existen diferencias significativas entre las medias empleando la prueba de Tukey (p < 0,05)

ED: Estabilización por electrodiálisis. FMC: Estabilización por frío método de contacto

Data are the means of different cations content

\*Different letters point to significant differences according to Tukey test (p<0.05)

ED: Electrodialysis stabilization. FMC: Cold stabilization



### Vinos tintos

No existen diferencias significativas entre los tratamientos de estabilización tartárica FMC y ED, para las variables: alcohol, acidez total, pH,  $\text{SO}_2\text{T}$ , extracto,  $\text{Fe}^{+3}$ ,  $\text{Cu}^{+2}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{+2}$ ,  $\text{Mg}^{+2}$ , ácido tartárico, conductividad a  $25^\circ\text{C}$ , Intensidad Colorante, matiz, Índice de Polifenoles totales, poder tampón ni velocidad de oxidación (tabla 1, pág. 232).

Se analizaron los datos de  $\text{SO}_2$  Libre correspondientes a los distintos bloques para verificar el cumplimiento de los supuestos de ANOVA; dado que no hay homocedasticidad u homogeneidad de varianzas, se realizó la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis, para tratamientos y para bloques.

Existen diferencias significativas entre ambos tratamientos de estabilización tartárica, para el contenido de  $\text{SO}_2$  Libre, lo cual puede deberse a un error experimental y no al tratamiento

en sí, pues se detecta en un solo bloque y tratamiento.

El panel de degustadores no encontró diferencias organolépticas significativas ni preferencias entre ambos tratamientos, para los vinos tintos ensayados (tabla 1, pág. 232).

### DISCUSIÓN

#### Vinos blancos

El método de estabilización tartárica por medio del frío implica disminuir la temperatura hasta conseguir la precipitación del bitartrato de potasio, debido a la disminución de la solubilidad de esta sal. Esto explica la disminución de la concentración de  $\text{K}^+$  en los vinos estabilizados por frío. Estos resultados son coherentes con parte de la bibliografía (5, 17, 23).

**Tabla 2.** Contenidos de  $\text{SO}_2$  Libre en vinos tintos.

**Table 2.** Free  $\text{SO}_2$  content in red wines.

	$\text{SO}_2$ libre mg/L
<b>Tratamientos</b>	
ED	30 a
FMC	28 b
Valor-p	0,0431
<b>Bloques</b>	
Tinto genérico	29 a
Syrah	29 a
Cabernet Sauvignon	25 a
Valor p	1,0000

Los datos corresponden a las medianas de los contenidos de  $\text{SO}_2$  Libre.

\*Letras diferentes indican que existen diferencias entre las medianas.

ED: Estabilización por electrodiálisis. FMC: Estabilización por frío método de contacto.

Data are the medians of free  $\text{SO}_2$  content.

\*Different letters point to significant differences between medians.

ED: Electrodialysis stabilization FMC: Cold stabilization.

Sin embargo, Gómez Benítez *et al.* (a) (2003), verificaron que el tratamiento FMC produce una considerable pérdida de los niveles de  $K^+$  en los vinos sherry fino y medium, pero en los vinos sherry cream, la electrodiálisis provoca mayor descenso del contenido de  $K^+$  que el tratamiento FMC. Este tipo de vino tiene una composición particular, ya que contiene de 115 a 140 g/L de azúcar, y un grado alcohólico entre 15,5 y 22%. Este alto contenido de azúcares puede dificultar la precipitación del bitartrato de potasio (1).

Los vinos estabilizados por ED presentan menores concentraciones de cationes  $Ca^{+2}$  y  $Mg^{+2}$ . Esta pérdida de cationes ha sido registrada por otros autores (5, 9).

La estabilización tartárica por FMC provoca una caída de la acidez total, que puede llegar a 1,3 g/L en Sauvignon blanc (3).

En vinos sherry y en vinos australianos, se ha comprobado que la acidez total sufre una mayor caída en vinos estabilizados por FMC, con respecto a aquellos estabilizados por ED (7, 9). Como este ensayo se realizó en condiciones industriales, con vinos que fueron comercializados, la acidez total fue corregida en forma previa al tratamiento de FMC. Esta práctica es habitual en bodega, tiene por objeto compensar la acidez perdida por la precipitación de bitartrato de potasio.

En cada uno de los vinos se evaluó experimentalmente el descenso de la acidez total producido por el tratamiento FMC.

Sobre la base de los datos obtenidos, se efectuaron las correcciones con ácido tartárico, en forma previa al tratamiento FMC. En la estabilización por ED, la acidez total disminuyó aproximadamente 0,40 g/L, en promedio.

En el tratamiento FMC, el descenso promedio fue 0,68 g/L. Pero si se considera

la corrección efectuada previa a FMC, se ha perdido en promedio 1,07 g/L en este tratamiento. Estos datos indicarían que la estabilización tartárica de los vinos por medio de la electrodiálisis permitiría un ahorro de ácido tartárico, ya que los vinos estabilizados por este medio no necesitarían ajuste de la acidez total en forma previa al tratamiento de estabilización. Se trató de evitar la creación de una diferencia artificial en una variable como consecuencia del tratamiento.

La acidez total es un atributo que causa grandes diferencias a nivel organoléptico. En vinos excesivamente ácidos, el bajo pH puede inducir la precipitación de las glucoproteínas de la saliva, provocando la sensación de astringencia (12). En este ensayo, no se verificaron diferencias significativas entre las medias del pH, para los tratamientos ED y FMC. Sin embargo, en los vinos Sherry se cita una mayor caída del pH luego del tratamiento de FMC.

En otros casos, como en vinos australianos, la ED provocó una mayor caída del pH (7, 9).

No existen diferencias significativas entre los niveles de  $SO_2$  libre de los vinos blancos estabilizados por ED y FMC.

Si bien, en vinos sherry se determinó que no existían diferencias en el contenido de  $SO_2$  para los tratamientos de ED y FMC, en vinos australianos se ha probado que el  $SO_2$  libre disminuye más intensamente en la estabilización por ED, que en el tratamiento por FMC (7, 9).

Cuando un vino se oxida aumenta la absorbancia a 420 nm (24). Dado que en la estabilización por FMC se trabajó con temperaturas de  $-2^\circ C$  en los vinos blancos, podría producirse una mayor disolución de oxígeno ( $O_2$ ) en el vino, ya que la solubilidad de los gases en los líquidos es inversamente proporcional a la temperatura.

Un mayor contenido de oxígeno disuelto, podría generar condiciones para una oxidación acelerada del producto.

De acuerdo con los resultados de este ensayo, no existen diferencias en la velocidad de oxidación de los vinos estabilizados por FMC y ED.

Es posible que la oxidación haya sido controlada por la acción reductora del nivel de  $\text{SO}_2$  L aplicado a los vinos y por la protección de las buenas prácticas de las operaciones de bodega. Existen diferencias significativas entre bloques, empleando la prueba de Tukey con un nivel de confianza del 95%.

El vino blanco Sauvignon Blanc tiende a oxidarse a velocidad mayor, que los otros tres vinos. La diferencia entre bloques puede deberse a las diferencias propias de composición de cada uno de los vinos, que hace que sean más o menos resistentes a la oxidación.

Los degustadores no pudieron diferenciar los vinos de acuerdo con el tratamiento de estabilización tartárica empleado, coincidente con la bibliografía para vinos portugueses y para vinos de San Giuliano (5, 11)d.

Los degustadores tampoco pudieron determinar una preferencia entre los tratamientos, si bien en la bibliografía se menciona que en el caso de los vinos sherry, el tratamiento de FMC fue el preferido al tratamiento ED (9).

### Vinos tintos

Algunos de los resultados son coherentes con la bibliografía, la cual indica que la estabilización por ED no modifica sensiblemente el grado alcohólico del vino (7, 9, 11), ni la conductividad eléctrica (5).

Otros resultados no concuerdan.

En cuanto al contenido de catión  $\text{K}^+$ , no existen diferencias significativas entre las

medias de los tratamientos de ED y FMC. Este resultado no coincide con lo que ocurre en vinos franceses, portugueses y vinos sherry (5, 9, 17, 23), donde el FMC reduce los contenidos de  $\text{K}^+$  más intensamente que la ED. Esta diferencia podría explicarse debido al efecto inhibitorio de la nucleación y crecimiento de cristales de KHT que ejercen los polisacáridos y polifenoles de los vinos tintos como la rhamnogalacturonasa (26). Esta posibilidad debería validarse en forma experimental.

Además, el pH de los vinos tintos mendocinos es mayor que en los vinos portugueses y franceses, esto es consecuencia de mayores contenidos de potasio. Algo similar ocurre con el catión  $\text{Ca}^{+2}$ , donde no se registraron diferencias significativas entre las medias de los tratamientos de ED y FMC. Este resultado no es coherente con la bibliografía de vinos portugueses y vinos sherry (5, 10) donde la ED es el método que disminuye más intensamente el contenido de este catión.

En cuanto al catión  $\text{Mg}^{+2}$ , no existen diferencias significativas entre las medias de los tratamientos de ED y FMC en vinos tintos. Este resultado no concuerda con la bibliografía sobre vinos portugueses y vinos sherry (5, 9), donde la ED es el método que disminuye más intensamente el contenido de este catión.

No existen diferencias significativas entre las medias de los tratamientos de ED y FMC para la Intensidad Colorante (IC) en vinos tintos. Esto no concuerda con la bibliografía: en vinos portugueses, la intensidad colorante presenta una mayor caída en los vinos estabilizados por FMC que en los tratados con ED (9).

Nuevamente se plantea la necesidad de comparar estos tratamientos en vinos de diferentes regiones, con características analíticas diferentes.

El elevado pH de los vinos tintos mendocinos, en comparación con los vinos portugueses y franceses, podría marcar la diferencia. Esta posibilidad debería validarse en forma experimental. Existen diferencias significativas entre bloques de vinos tintos para la IC, el tinto genérico es el que menor intensidad colorante posee, mientras que los vinos Syrah y Cabernet Sauvignon son los que presentan valores mayores. Estas diferencias se deben a que los bloques están integrados por vinos distintos, con características analíticas diferentes.

Los resultados muestran un mayor contenido de  $\text{SO}_2$  libre en los vinos estabilizados con ED, que en aquellos vinos tratados con FMC, esto se corresponde con la bibliografía (15).

Cuando se comparan los tratamientos FMC y ED, se observa que las medianas del  $\text{SO}_2$  libre de los tratamientos fueron significativamente diferentes.

Se utilizó la prueba de comparación de medianas, para la prueba de Kruskal Wallis, con un 95% de confianza. Estos resultados no coinciden con los encontrados en vinos portugueses, donde la diferencia del  $\text{SO}_2$  libre entre tratamientos es pequeña y despreciable (9).

En vinos australianos (7), se observan valores levemente menores de  $\text{SO}_2$  libre luego del tratamiento de ED, contrariamente a lo obtenido en este ensayo, donde se registraron menores valores de  $\text{SO}_2$  libre en el tratamiento FMC.

Si se analizan los resultados se observa que hay un solo dato que marca la diferencia, es el  $\text{SO}_2$  libre en vino tinto Cabernet Sauvignon estabilizado por FMC el cual arroja un valor muy bajo. Esta diferencia podría deberse a un error de laboratorio o de conservación de la muestra hasta el análisis.

El  $\text{SO}_2$  libre es una variable que disminuye básicamente con la oxidación de los vinos.

Dado que en los vinos existe un equilibrio dinámico entre los contenidos  $\text{SO}_2$  libre y  $\text{SO}_2$  total, regulado por el pH y la temperatura, no es el  $\text{SO}_2$  libre una variable fundamental a considerar en la comparación de estos tratamientos. Esta caída del  $\text{SO}_2$  libre en el tratamiento FMC podría estar relacionada a las operaciones de movimiento de vino en la bodega para su ejecución. Sin embargo, dichas operaciones se han efectuado mediante buenas prácticas de manufactura, controlando la incorporación de oxígeno en cada operación.

No existen diferencias significativas entre las medias de los tratamientos de ED y FMC para el  $\text{SO}_2$  total en tintos. Estos resultados coinciden con los encontrados en vinos portugueses (9). Sin embargo, en vinos australianos se cita que la ED produce una mayor caída del  $\text{SO}_2$  total que la estabilización tartárica por FMC (7).

Si bien la bibliografía sostiene que el tratamiento por FMC produce un mayor descenso del contenido del ácido tartárico que el tratamiento ED (9), esto no se verifica en este ensayo. Esto puede deberse a la corrección de la acidez total efectuada con ácido tartárico, previo a los tratamientos de FMC, que en forma industrial se efectúa en los vinos sometidos a esta estabilización. Sin embargo, si se observan los datos sin procesar, se verifica que el mismo vino, luego de los tratamientos presenta menos acidez total para el FMC, que para el tratamiento ED.

En el tratamiento ED, se ha producido una pérdida de aproximadamente 0,33 g/L; mientras que en el tratamiento FMC, la caída es de aproximadamente 0,73 g/L de ácido tartárico si se compara con el valor inicial y de 1,10 g/L si se considera el valor de partida corregido con ácido tartárico.

Los degustadores no pudieron diferenciar los vinos de acuerdo con el tratamiento de estabilización tartárica empleado. Este resultado es coincidente con la bibliografía para vinos portugueses y para vinos de San Giuliano (5, 11).

Los degustadores tampoco pudieron determinar una preferencia entre los tratamientos en este ensayo, aunque hay bibliografía donde se determinó preferencia para el tratamiento de FMC en el caso de vinos sherry (10).

## CONCLUSIONES

Es posible sustituir la estabilización tartárica por frío método de contacto de los vinos blancos y tintos ensayados por la estabilización por electrodiálisis, sin que

un panel de degustadores expertos detecte diferencias, ya que las características físico-químicas y organolépticas del vino no fueron modificadas significativamente.

Los vinos estabilizados respecto de las precipitaciones tartáricas por tratamiento de frío método de contacto, no difieren significativamente de los vinos estabilizados por electrodiálisis en cuanto a sus características físico-químicas y organolépticas.

Un panel de degustadores expertos no fue capaz de detectar diferencias entre los vinos estabilizados por ambos métodos, ni pudo establecer una preferencia.

La estabilización por electrodiálisis permitiría ahorrar ácido tartárico, ya que no requiere una corrección previa al tratamiento de estabilización, como en el Frío Método de Contacto.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Berg, H. W. 1960. Stabilization studies on spanish sherry and on factors influencing KHT Precipitation. Am. J. Enol. Vitic. 11: 123-128. American Society for Enology and Viticulture, Davis, California, USA.
2. Berg, H. W.; Keefer, R. M. 1958. Analytical determination of tartrate stability in wine. I. Potassium Bitartrate. Am. J. Enol. Vitic. 9: 180-193.
3. Berovic, M.; Kosmerl, T. 2008. Monitoring of potassium hydrogen tartrate stabilization by conductivity measurement. Acta Chim. Slov. 55: 535-540.
4. Bories, A.; Sire, Y.; Bouissou, D.; Goulesque, S.; Moutounet, M.; Bonneaud, D.; Lutin, F. 2011. Environmental impacts of tartaric stabilization processes for wine using electrodialysis and cold treatment. S. Afr. J. Enol. Vitic. 3(2): 174-182.
5. Cameira dos Santos, P.; Mendes Pereira, O.; Goncalvez, F.; Tomás Simoes, J.; de Pinho, M. N. 2000. Ensaio de estabilizacao tartárica em vinhos portugueses: estudio comparativo da electodiálise e de um método tradicional. Ciencia Téc. Vitiv. 15(2): 95-108.
6. Escudier, J. L. 2002. New physical techniques for the treatment of wine: Electrodialysis. Vinidea.net-Wine internet technical journal N°4, art.4 of 5: 1-15. Disponible en: [http://www.vinidea.net/files/1/escudier4engoct02.pdf], [Fecha de consulta: 22 de Julio de 2012].
7. Forsyth, K. 2010. Comparison between electrodialysis and cold treatment as a method to produce potassium tartrate stable wine. AWRI Project number: PCS 10004. Australian Wine Research Institute, Glen Osmond, South Australia.
8. Gavach, C. 1992. L'Electrodiálise: principe. Rev. Française de Oenologie. 137: 53-58.
9. Gómez Benítez, J. (a); Palacios Macías, V. M. ; Veas López, R. ; Pérez Rodríguez, L. 2003. Prediction of tartrate stability of sherry wines by a conductimetric system with rapid response. Food Chemistry. 81: 457-462.

10. Gómez Benítez, J. (b); Palacios Macías, V. M.; Szekely Gorotiaga, P.; Veas López, R.; Pérez Rodríguez, L. 2003. Comparison of electrodialysis and cold treatment on an industrial scale for tartrate stabilization of sherry wines. *J. Food Engineering*. 48: 373-378.
11. Goncalvez, F.; Fernandez, C.; Cameira dos Santos, P.; de Pinho, M. N. 2003. Wine tartaric stabilization by electrodialysis and its assesment by saturation temperature. *J. Food Engineering*. 59: 229-235.
12. Jackson, Ronald S. 2002. *Análisis Sensorial de vinos. Manual para profesionales*. Acribia, Zaragoza, España. 106-113.
13. Lawless, H.; Heymann, H. 2010. *Sensory evaluation of food. Principe and Practices*, 2° edition. Food Science Text Series, Springer, New York, USA. 84-91.
14. Low, L. L.; O'Neill, B.; Ford, C.; Godden, J.; Gishen, M.; Colby, C. 2008. Economic evaluation of alternative technologies for tartrate stabilization of wines. *International Journal of Food Sience and Technology*. 43: 1012-1016.
15. Juclas S. R. L. Manual de instrucciones de uso y mantenimiento ED15-30-45-60 Estabilización tartárica por electrodiálisis. 2010. Beveragesystem Vason Group. Patente-Licencia INRA-EURODIA. 68 p.
16. Moine-Ledoux V.; Perrin, A.; Pladin, I.; Dobourdieu, D. 1997. Premiers résultats de stabilisation tartrique des vins par addition de mannoprotéines purifiées (Mannostab™). *J. Int. Sci. Vigne Vin*. 31(1): 23-31.
17. Moutounet, M.; Saint Pierre, B.; Battle, J. L.; Escudier, J. L. 1995. Le stabilisateur tartrique: principe et description du procédé. *Rev. Francaise de Oenologie*. 137: 15-35.
18. Norma IRAM 20011; 1997. *Análisis sensorial. Metodología dúo-trío*. Instituto Argentino de Normalización y Certificación, Buenos Aires, Argentina.
19. Norma IRAM 20007; 1997. *Análisis sensorial. Ensayo de comparación por pares*. Instituto Argentino de Normalización y Certificación, Buenos Aires, Argentina.
20. Norma IRAM 20009; 1997. *Análisis sensorial. Test de preferencia*. Instituto Argentino de Normalización y Certificación, Buenos Aires, Argentina.
21. Norma IRAM 20015; 2002. *Análisis sensorial. Identificación y selección de descriptores para establecer un perfil sensorial por el método multisensorial*. Instituto Argentino de Normalización y Certificación, Buenos Aires, Argentina.
22. OIV, 2009. *Recueil international de Méthodes d'analyse OIV. Méthodes internationales d'analyse des vins et de mouts*. [<http://www.oiv.int/oiv/info/frmethodesinternationalesvin>], [Consulta Disponible en: 9 de junio de 2012].
23. Riponi, C.; Nauleau, F.; Amati, A.; Arfelli, A.; Catellari, M. 1992. Essais de stabilisation tartrique des vins au moyen de la électridiálise. *Rev. Francaise de Oenologie*. 137: 59-64.
24. Singleton, V. L.; Kramling, T. E., 1976. Browning of white wines and an accelerated test from browning capacity. *Am. J. Enol. Vitic*. 27(4): 157-160.
25. Ureña Peralta, M.; D'Arrigo Huapaya, M.; Girón Molina, O. 1999. *Evaluación sensorial de los alimentos. Aplicación didáctica. Anexo II. Comparación pareada Dúo Trío, N° seleccionados correctos requeridos para indicar diferencias significativas a diferentes niveles*. Editorial Agraria, Lima, Perú.
26. Vernhet, H.(b); Dupre, K. ; Boulange-Petermann, L. ; Cheynier, V. ; Pellerin, P. ; Moutounet, M. 1999. Composition of tartrate precipitates deposited on stainless steel tanks during the cold stabilization of wines. Part II. Red Wines. *Am. J. Enol. Vitic*. 50: 398-403.